

Áreas verdes para la rehabilitación de barrios precarios aplicando Space-Syntax

Expansión de Ciudad Juárez y la influencia en su rehabilitación

Raúl Alfredo Granados Aragonez

IAR (Integrated Architectural Research), Escuela de Arquitectura La Salle, Universidad Ramon Llull

raulalfredo.granados@students.salle.url.edu, rgranados3109@gmail.com

Palabras clave: Áreas verdes, Space Syntax, rehabilitación urbana, Ciudad Juárez, Morfología urbana

Resumen:

El trabajo ofrece un análisis de la evolución histórica urbana y la relación industrial binacional con Estados Unidos de la ciudad fronteriza mexicana de Ciudad Juárez, discutiendo las dinámicas de interacción entre estos factores reconceptualizándolos mediante el proceso de accesibilidad y centralidad espacial de su trama urbana. Identificando precisamente los cambios en la estructura espacial de la trama urbana contribuye en un mejor entendimiento de sus dinámicas morfológicas y las consecuencias de los diferentes planes de acción tomados para el crecimiento económico de la ciudad. Los resultados muestran las estructuras espaciales centralizadas escondidas detrás de la trama de una ciudad dispersa compuesta en gran parte de barrios precarios que se correlacionan con la distribución del uso de suelo industrial y morfología histórica urbana. De esta manera se desarrolla una nueva metodología para la detección de los barrios en deterioro con una probabilidad más alta para su rehabilitación y reintegración a la trama urbana por medio de corredores ecológicos. Indicando la relación entre forma y función de la ciudad con estas áreas, se ubica donde un sistema de áreas verdes estratégicamente situadas puede crear los enlaces fundamentales para su revitalización según las teorías de Space Syntax. Este proceso toma en cuenta su distribución espacial, accesibilidad peatonal y como se desenvuelven estos espacios para saber dónde implementar áreas verdes creando una ciudad más resiliente y amigable al peatón.

Abstract:

The paper offers an analysis of the historical urban evolution and the binational industrial relationship with the United States of the Mexican border city of Ciudad Juárez, discussing the interaction between these factors, reconceptualizing them through the process of accessibility and spatial centrality of their urban fabric. Identifying the precise changes in the spatial structure of the urban fabric contributes to a better understanding of its morphological dynamics and the consequences of the different action plans taken for the economic growth of the city. The results show the centralized spatial structures hidden behind the fabric of a dispersed city made up largely of slums which locations correlate with the distribution of industrial land use and its historical morphology. In this way, a new methodology is developed for the detection of deteriorating neighborhoods with a higher probability for their rehabilitation and reintegration into the urban fabric through ecological corridors. Indicating the relationship between form and function of the city with these areas, you can locate where a system of strategically placed green areas can create the fundamental links for its revitalization according to the theories of Space Syntax. This process considers its spatial distribution, pedestrian accessibility and how these spaces are developed to distinguish where to implement green areas creating a more resilient and pedestrian-friendly city.

Introducción

A través de su reciente historia, Ciudad Juárez, Chihuahua, (CJ) una de las más importantes metrópolis binacionales entre México y Estados Unidos, se ha visto expuesta a varios cambios drásticos que han modificado su modelo económico, social y su estructura urbana. Estos cambios han causado una ciudad multicéntrica, la cual exhibe graves problemas provocados por la falta de una adecuada planeación urbana durante su rápida expansión del siglo XX. La mayoría de los Centros Urbanos (CU) de la ciudad son creados como resultado del Plan de Industrialización Fronterizo (PIF), donde se implementa de manera unilateral una estrategia que definía como eje toral del desarrollo urbano, una visión industrial centrada en el crecimiento económico sustentado en la industria maquiladora. Esta estrategia economicista dejó fuera del planeamiento urbano el enfoque del cuidado del medio ambiente, así como la complejidad de la vida cotidiana, por lo que surgen serias dificultades para realizar las simples tareas diarias de sus habitantes. De esta forma, se creó un modelo de ciudad dispersa insostenible no solo a nivel territorial y energético, sino que también carece de proveer una opción a sus habitantes de vivir en barrios de usos mixtos funcionales.

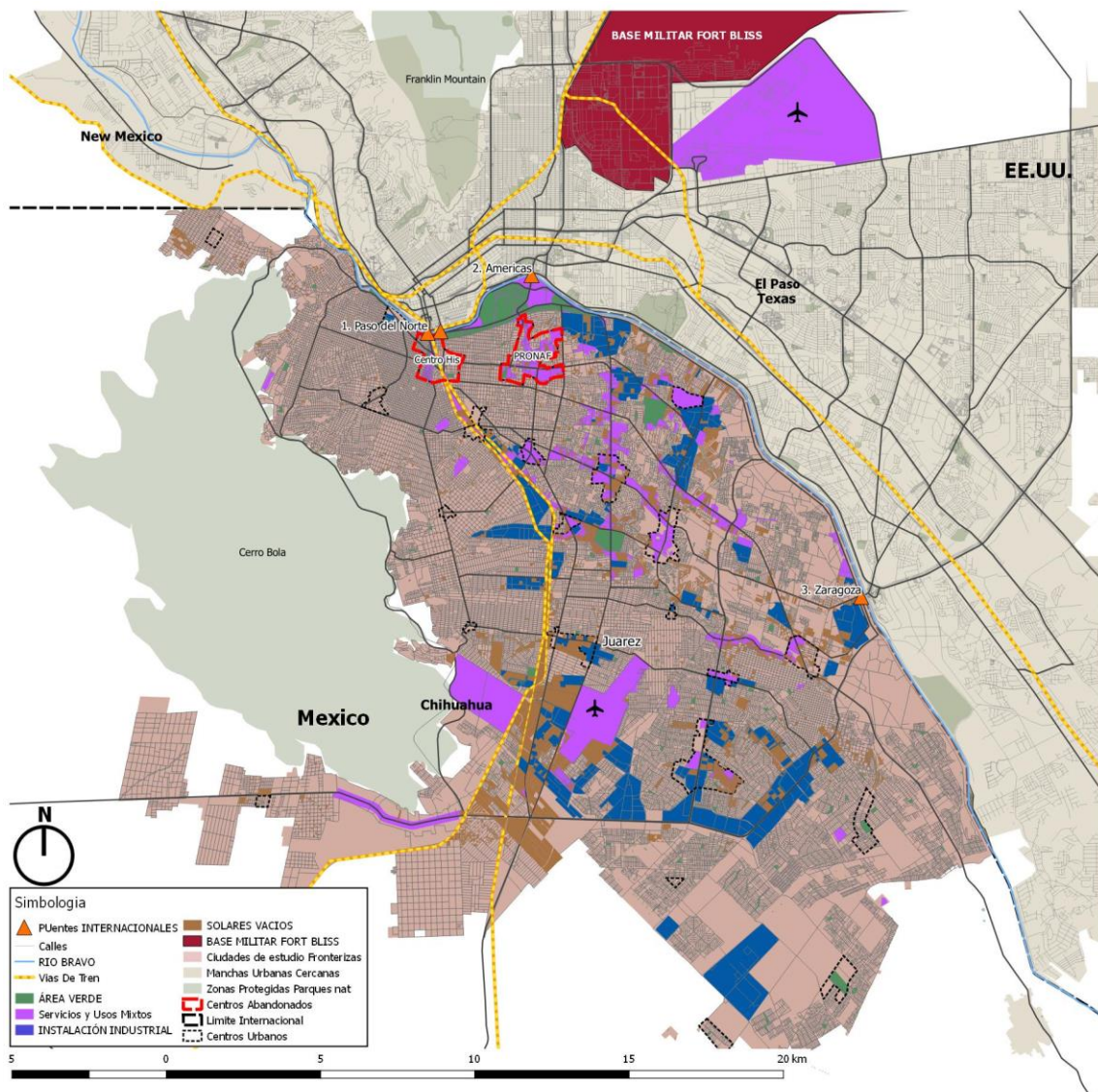


Fig. 01 Mapa la distribución geoespacial de diversas infraestructuras y equipamiento urbano de CJ mostrando los diferentes CU y centros de distrito, destacando en rojo los CU en los que se enfocará la investigación.

El presente estudio se centra en evaluar como dependiendo de la etapa de urbanización en la que se establecieron los CU, su configuración espacial y ubicación, en particular la forma en la cual cada centro se embona al sistema de vialidades a su alrededor y las características espaciales de ese sistema, son importantes variables para su rehabilitación. A través de la influencia que se tiene en los patrones de tránsito en las calles y el potencial que tiene de generar actividad peatonal en ellas, se calcula cuáles son los CU en los que se tiene que priorizar esfuerzos de revinculación por medio de áreas verdes para regenerar el tejido urbano. De esta manera se estaría al mismo tiempo resolviendo los actuales problemas de abandono y solares en desuso en estas zonas, logrando un desarrollo urbano más sostenible.

En la investigación se utilizaron varias bases de datos, técnicas de representación y modelaje con Sistemas de Información Geográfica (SIG) entrelazándolas con diversas técnicas de revitalización urbana relacionadas con las teorías de Space Syntax. Se inicia describiendo el primer ejercicio de esta investigación, el cual fue la creación de los modelos configuracionales de CJ y el diseño de las herramientas con las que se midió la competencia espacial de los CU. Posteriormente, se empieza con la segunda etapa de la investigación, en la cual se analiza la ciudad a una macro escala, estudiando la evolución histórica de su morfología urbana y como afecta su estructura dificultando la accesibilidad a nivel peatonal en la ciudad. También haciendo énfasis en el estudio metódico y contextual de las muestras de los diferentes CU consolidados alrededor de la ciudad, presentando los datos estadísticos del análisis para identificar el potencial de rehabilitación de estos. La tercera etapa el estudio se sintetiza y discuten los principales descubrimientos de la investigación, enfocándose en la propuesta de reintegración urbana por medio de nuevas áreas verdes estratégicamente colocadas en los primeros dos CU de la ciudad (Centro Histórico, PRONAF)

1. Modelos Configuracionales y herramientas de evaluación urbana.

Antes de empezar con el estudio a fondo de los CU, se llevaron a cabo dos ejercicios fundamentales para el mejor entendimiento de la trama urbana de CJ los cuales fueron: la creación del modelo computacional que nos permitió analizar la configuración espacial de la red vial de CJ y la elaboración de los parámetros que se tomaron en cuenta para evaluar la competencia espacial de cada CU.

1.1. Configuración espacial de la red vial de Ciudad Juárez.

La configuración espacial y el constante tránsito en las vialidades de la ciudad son factores importantes para el desarrollo sostenible de su trama urbana. Dependiendo de qué tan eficiente sea la conectividad entre esta red, se creará un espacio con mejor accesibilidad provocando una mejor calidad de vida. Esto se puede predecir mediante las teorías y técnicas analíticas de Space Syntax, las cuales son utilizadas desde principios de los 80's por arquitectos y urbanistas para realizar simulaciones de como la disposición espacial de edificios o ciudades influencia los resultados del movimiento humano y la interacción social dentro de sus espacios, (Hillier, 1996). Este tipo de análisis basa su funcionamiento en la "teoría de grafos" reconceptualizándola en la forma geométrica de la ciudad para medir la proximidad relativa de un lugar a todos los lugares de la red vial. De esta manera se observa como todo entorno urbano esta interconectado entre sí y en que la evolución de las tramas urbanas está guiada por un proceso en los cambios a gran escala de la accesibilidad de estos espacios. En este sentido, una estructura espacial con más conexiones refleja un espacio más céntrico, el cual facilita las condiciones para una concentración de actividades en la zona, contribuyendo en sostener la prosperidad a largo plazo de los espacios por diseñar o rehabilitar.

Para poder identificar correctamente las diferentes variables que aumentarían la competencia espacial de los CU analizados, primero se crean los modelos del nivel de "integración" o centralidad con Space Syntax de las vialidades de la ciudad entera, a lo que se le llama un análisis a nivel "global". En este estudio se analizaron los vínculos entre los elementos de una red transformándolos en un mapa axial, siendo en este caso los segmentos y nodos de interconexión que forman las vialidades de CJ, lo que calcula su integración o centralidad entre todas las calles así prediciendo las posibilidades de que estas sean utilizadas. En otras

palabras, sería la distancia o medida desde cada elemento de la trama a todos los otros elementos. Por lo tanto, cada elemento estaría integrado cuando su distancia fuera más corta a todo el resto de la trama dándole un valor más central. Del lado contrario se le daría un valor más segregado, el cual sería cuando este se emplace en una posición periférica o sin una amplia relación con el resto de la trama urbana.

La otra manera que procesa el programa es por la medida de conexión opcional optima o “Choice”, en el cual a un análisis a nivel “global” de la ciudad calcula el camino más corto o sin menos desviaciones angulares entre todos los nodos y segmentos de la red para llegar de un lugar a otro. De esta manera identificando las vialidades que se utilizan más para moverse a través de la estructura vial de la ciudad, como las avenidas principales y secundarias. Del lado opuesto, estarían las calles sin salida ya que no establecen ni una conexión a la red vial a excepción de a la propia.



Fig. 02 Mapa de integración (Izquierdo) y modo Choice (Derecho) a nivel global. Elaboración propia a partir de datos de ejes viales de CJ, 2015 del INGI procesado con DepthmapXnet 0.35.

1.2. Cuantificación cartografía de la Accesibilidad Urbana

El estudio de la relación entre la atracción y accesibilidad de un elemento en el espacio urbano es uno de los principales objetivos investigados en la morfología urbana. Esto se debe a que para lograr moldear ciudades más sostenibles es esencial elaborar diversos estudios de accesibilidad urbana, los cuales se centran en dos principales variables: la distancia y atracción de un lugar. Estos conceptos vienen ligados desde las teorías económicas de Von Thunen de finales del siglo XIX, donde básicamente explican que la renta de una ubicación varía con la distancia del lugar respecto a su mercado.

Durante mucho tiempo estos estudios estaban limitados por la falta de datos y las herramientas para analizarlos. Esto se debe a la complejidad de incorporar un modelo el cual integrara correctamente las actividades diarias de la vida urbana y la percepción cognitiva de una persona hacia el ambiente que la envuelve. Recientemente, las investigaciones relacionadas a medir la accesibilidad de un lugar han sido avanzadas a otro nivel con el método de análisis espacial desarrollado por Place Syntax, (Ståhle, et al., 2006). Esto es importante ya que usualmente se realiza un análisis urbano no solo por su nivel de integración espacial, como lo hace Space Syntax, si no por la capacidad que tienen estas vialidades de dar acceso a las personas o a algún tipo de servicio.

De esta manera es por lo que Place Syntax desarrolló diferentes tipos de análisis de accesibilidad urbana. El primero, es por medio de analizar un punto de origen o nodo del mapa axial midiendo la distancia de accesibilidad a algún tipo de atracción, el cual es georeferenciado por medio de puntos o solares lo que se hace llamar “Attraction Distance”. El otro análisis posible es el método de “Attraction Reach”, el cual calcula el total de atracciones que pueden ser alcanzadas a cierto radio desde un punto de origen o nodo en el mapa axial. De esta manera se pueden obtener interesantes resultados, identificando la concentración o ausencia de servicios, tiendas o personas en algún radio específico desde una perspectiva más real en la que una persona percibe el espacio urbano.

Generando los modelos de la ciudad con estas herramientas se mide el nivel de atracción de cada manzana a partir de los valores de integración de sus vialidades aun radio de 3 pasos axiales en el mapa axial, los cuales Space Syntax calcula por la cantidad de cambios en dirección, o geométricamente hablando la cantidad de desviaciones angulares en el trayecto. Según Ståhle,(2006) esta es la medida de distancia más adecuada para simular traslados cortos como los hechos a nivel peatonal en ciudades con variaciones arboladas y reticulares en su morfología urbana, ya que estas predicen más correctamente el comportamiento humano que la tradicional forma métrica de medir distancias.

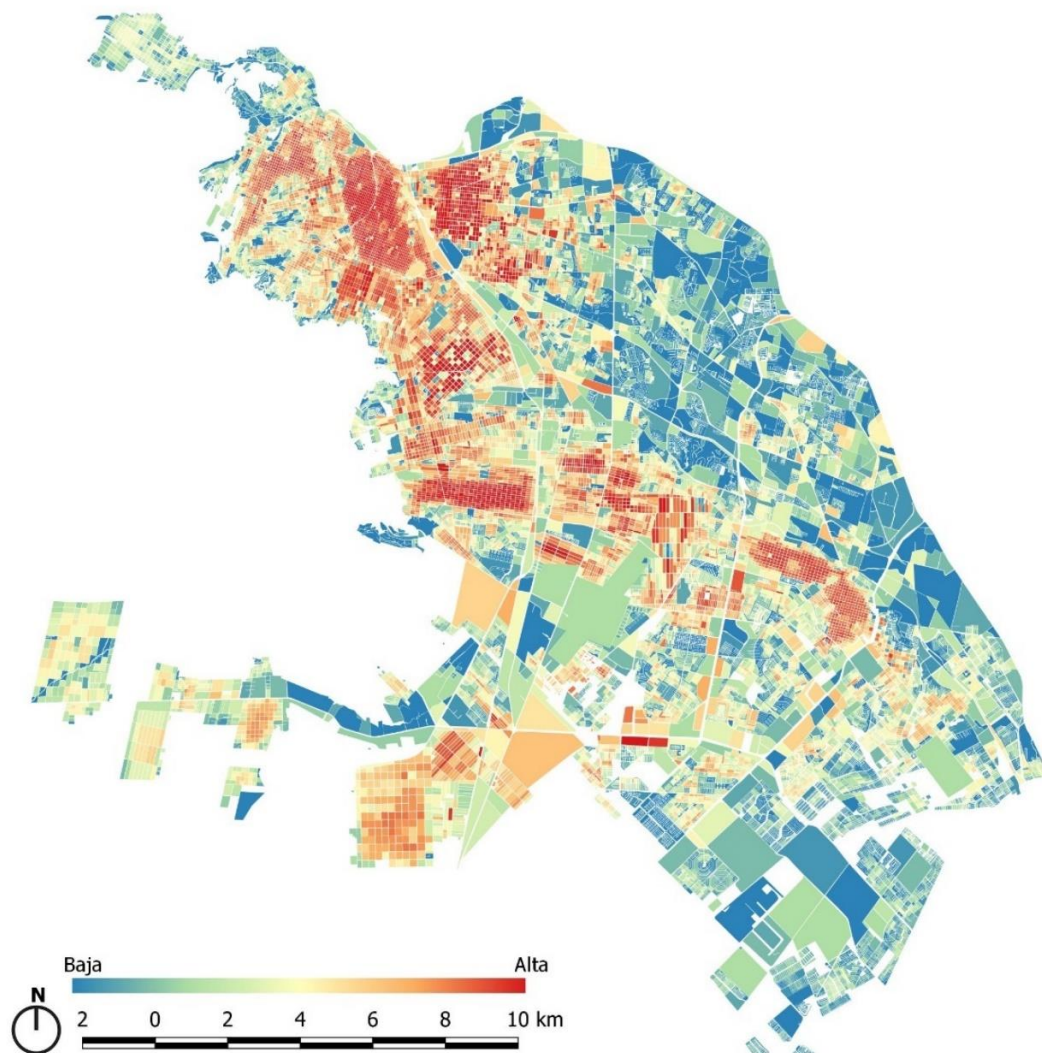


Fig. 03 Mapa de análisis de “Attraction Reach” al nivel de integración de las vialidades a 3 pasos axiales, resaltando las configuraciones espaciales más amigables al peatón.

1.2.1. Accesibilidad poblacional

Los análisis de densidad poblacional son de los aspectos más estudiados para lograr obtener ciudades más urbanísticamente sostenibles. Según Frey(1999) una ciudad funcional debe obtener valores de entre 60-80 hab/ha, estándares que están muy lejos de ser alcanzados en CJ debido a su actual modelo de ciudad dispersa en donde se llega apenas a 37hab/ha. Por medio de reenfocar la forma tradicional de medir datos de densidad poblacional, el cual suele ser la densidad dentro de una unidad geográfica (como barrios, predios o manzanas), a través del nivel de accesibilidad poblacional disponible a diferentes radios de atracción, se logran capturar los valores que miden la descripción de densidad poblacional en la forma ublicua desarrollada en la metodología de Space Syntax dentro de cada manzana.

Haciendo este tipo de estudios en la ciudad, se encuentra la diferencia entre la forma tradicional de medir la densidad poblacional por manzana (Izq) y la densidad de población accesible a 3 pasos topológicos (Der) la que representa según Ståhle (2006), una versión más real de cómo percibe un sujeto la densidad poblacional en el espacio urbano durante caminatas cortas alrededor de su barrio, (Fig. 3)



Fig. 04 Mapa de densidad poblacional por manzana (Izquierdo) y el de accesibilidad a densidad poblacional a 3 pasos axiales (Izq). Elaboración propia a partir de datos de ejes viales y manzanas de CJ, 2015 del INGI procesado con Place Syntax Tool (PST).

1.2.2. Diversificación económica del espacio urbano

Utilizando el método descrito en el subcapítulo anterior, Place Syntax también puede ser utilizado para calcular la accesibilidad a la diversidad de contenidos de un espacio urbano. En este artículo es utilizado para evaluar la presencia de diferentes establecimientos económicos a un alcance de 3 pasos axiales obteniendo un análisis de que área de la ciudad tiene una mayor accesibilidad de negocios a una escala peatonal. En la base de datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del 2019 vienen georreferenciadas un total de 41435 establecimientos económicos en la ciudad, los cuales están divididos en una gran cantidad de diferentes categorías por lo que se utiliza la base de datos en su totalidad para este ejercicio. Estos son impuestos como diferentes puntos de destino en PST utilizando las manzanas como puntos de origen y usando el mapa axial de vialidades de la ciudad para correr el análisis de “Attraction Reach” a cada manzana a 3 pasos axiales. Debido a que este proceso resulta fuertemente influenciado por el nivel de

accesibilidad de cada manzana, es necesario normalizarlo por medio de dividir el resultado del análisis entre el alcance de los metros cuadrados de todas las manzanas aprehendidos por el mismo.

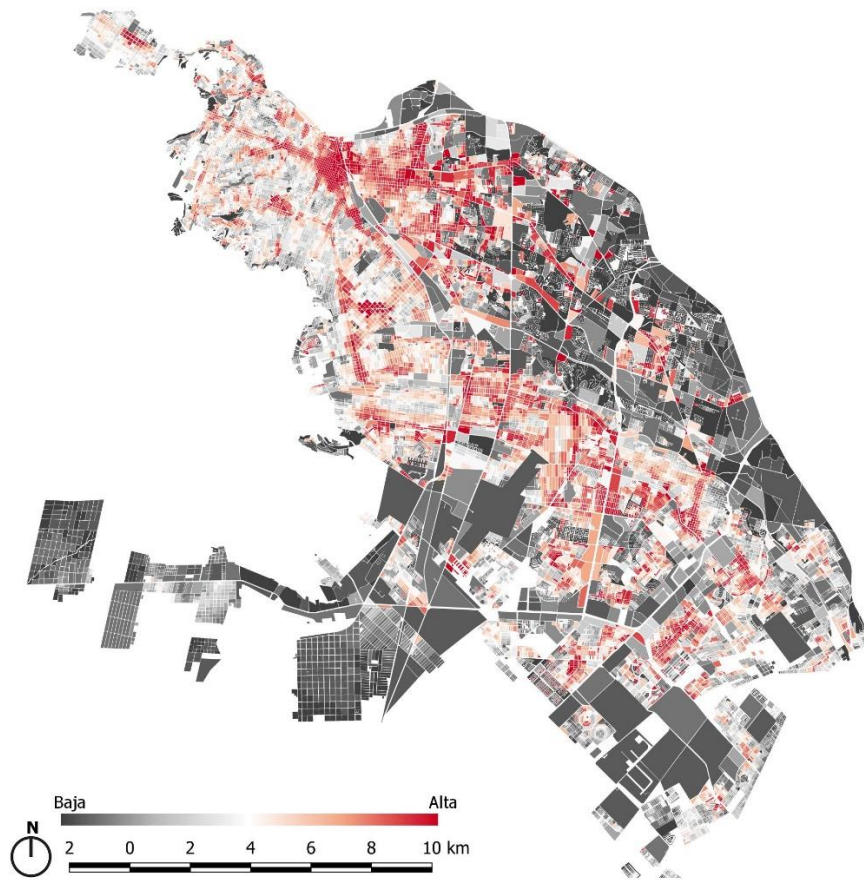


Fig. 05 Mapa de la accesibilidad a diversidad económica a 3 pasos axiales.

1.2.3. *Diversidad Social*

Debido a que las rutinas diarias de las personas son la base fundamental que guía las funciones de organización social dentro de las ciudades, se tiene que tomar en cuenta analizar la forma en la que se distribuyen los diferentes grupos de edades, así como las diferentes clases sociales en un entorno urbano. Por medio de aplicar las técnicas de Place Syntax a estudios sociales de la población, se crea la manera de medir la co-presencia de diferentes personas en el espacio urbano.

La segregación y concentración de grupos marginales en diferentes sectores de la trama urbana es uno de los problemas más graves de la ciudad ya que limita el número de diversidad de actividades y oportunidades que un sector ofrece. Planeando ciudades en las que se fomente la proximidad geográfica entre diversos grupos sociales, logra crear espacios con mayor diversidad potencializando la cohesión, confianza y seguridad dentro de la misma.

De acuerdo con Marcus(2012), este nivel de co-presencia se vincula al tipo de red social que generan diferentes estructuras urbanas. Configuraciones espaciales diseñadas de una forma arbolada minimizan el contacto social con visitantes de fuera de estos barrios debido a la baja cantidad de personas que estarían disponibles transitando estos espacios. Esto genera redes de grupos más homogéneos en donde se crea un tipo de vinculación social llamada "Bonding" en la cual los integrantes del barrio no son tan abiertos a socializar con personas fuera de su círculo social. En cambio, configuraciones espaciales más permeables dan lugar a una

red más accesible de grupos poblacionales creando redes sociales más dispuestas a una vinculación social del tipo “Bridging”, resultado en donde se vinculan grupos más heterogéneos impulsando la diversidad social en la que los individuos generan un sentido de disponibilidad para trabajar y cooperar los unos con los otros.

En base a la diversidad de edad y el índice de marginación urbana dentro de cada manzana se elaboran los dos principales indicadores para poder evaluar la accesibilidad de diversidad social el cual nos definirá el valor de atracción de co-presencia dentro de cada manzana. A continuación, se explicará el análisis realizado para crear los indicadores parciales por el cual se mide el peso de atracción que generan estos valores de diversidad social hacia la densidad poblacional de cada manzana.

Primero para obtener los indicadores de diversidad social dependiendo del rango de edades, se utilizó la información de las bases de datos proporcionados en el Inventario Nacional de Viviendas (INV) del 2016 del INEGI. En este se describe la población de cada manzana en cuatro categorías de edades, de 0-14 años, 15-29, 30-59 y de 60 en adelante, los cuales fueron utilizados para encontrar el equilibrio entre las categorías de edades utilizando como indicador el índice de diversidad de Simpson. El índice mide los valores entre 0 y 1 donde 0 corresponde a una población con poca variación por manzana en su rango de edades. (Fig.6 Izq)

Para evaluar los indicadores socioeconómicos dentro de la ciudad se utilizó la base de datos del Índice de Marginación Urbana (IMU) del INEGI, el cual captura varios conceptos censales dentro de cada una de las Areas de Geoestadísticas Básicas (AGEB) en la ciudad, las cuales son compuestas por aproximadamente 50 manzanas. En este análisis se estudian las condiciones de asistencia escolar, derechohabiente a los servicios de salud, así como varios aspectos de vivienda dando como resultado el nivel de privación en el que se encuentra la población de cada AGEB. Este valor entonces es normalizado de 0-1 e impuesto dentro de cada manzana para llevarse a cabo en este estudio. Como se puede observar existe una fuerte división social y económica en la ciudad, mostrando una concentración de marginación hacia las periferias de la ciudad representado en colores más claros (Fig.6 Centro)

Por último, tomando como referencia el estudio hecho por Marcus(2012), en el cual se establece que a un radio de seis pasos axiales se captura entre el 97-100% de las personas que al ser encuestadas se consideran a sí mismas como ser residentes locales en el CU analizado, así imponiendo este como limitante radial en Place Syntax para el estudio de diversidad social en el caso de CJ.

Después se corren dos análisis por separado de las manzanas a seis pasos axiales imponiéndole el peso que genera cada manzana dependiendo de los valores obtenidos en los dos estudios descritos previamente. Al final se suman los resultados dividiéndolos por el número de indicadores para poder normalizarlos por el análisis de atracción de densidad poblacional a 6 pasos axiales, dándonos como resultado la capacidad de co-presencia dentro de cada manzana. (Fig.6 Derecha)

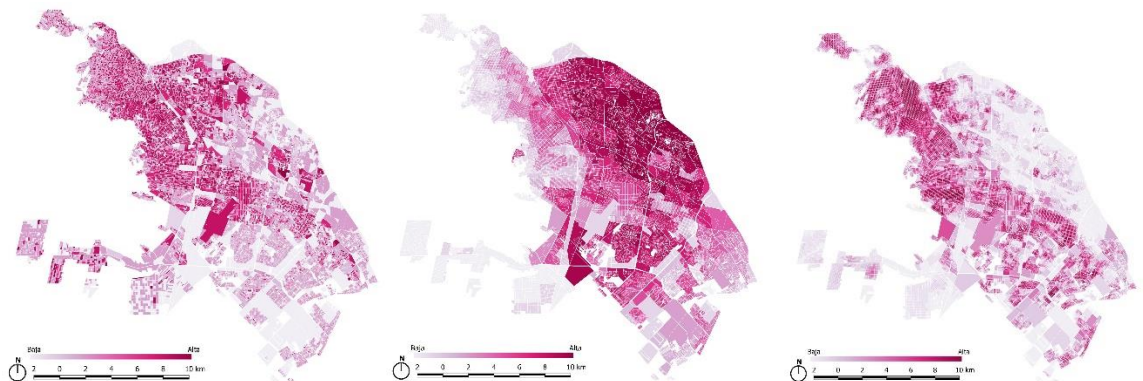


Fig. 06 Mapas del Equilibrio en edades (Izquierdo), IMU (Centro) y el de capacidad de co-presencia (Derecha) de las manzanas en la ciudad. Elaboración propia a partir de datos del INGI procesado con PST.

1.2.4. Accesibilidad a Parques

Proveer áreas verdes que sean accesibles, seguras e inclusivas para todos los habitantes de una ciudad es un importante requerimiento para el desarrollo sostenible de la misma. Estas además de ser herramientas esenciales en el control de aspectos ambientales como reducir el efecto de islas de calor e inundaciones dentro de la trama urbana, son uno de los principales pilares en como los barrios se desenvuelven económica y socialmente. Una ciudad que cuenta con espacios públicos activos crea un efecto de humanización en sus calles, dando lugar a que sus habitantes desarrollen un sentido de identidad y cohesión comunal.

La dispersión de la trama urbana ha creado ciudades que sufren graves problemáticas sociales y ambientales directamente ligados al modelo de ciudad jardín impuesto en el siglo XXI. Esto hace necesario crear espacios verdes que estén más eficientemente integrados a la estructura urbana. Por medio de las técnicas de medición a la accesibilidad a parques con Place Syntax, se desarrollan nuevos valores que describen como la población percibe la falta o necesidad de espacios verdes en su comunidad, Ståhle,(2010). Esto se debe a que la forma tradicional de medir la accesibilidad a áreas verdes toma en cuenta el factor de accesibilidad por medio de la distancia métrica a el parque tomando en cuenta el área de superficie de este como el valor de atracción. En cambio, esta nueva metodología utiliza la distancia axial al parque como la distancia y la atracción es la multiplicación del área del parque por el valor de uso del lugar.

Aunque en CJ es inexistente el estudio de Uso del Lugar, en el cual se analiza como los individuos se apropian del área verde contando la diversidad de actividades realizadas en el lugar se limita el análisis en cuantificar la atracción simplificándola a solo utilizar el área del parque analizado. Para realizar este estudio primero se corren los análisis de tipo “Attraction Distance” sin limitante de distancia de cada manzana hacia todos los parques de la ciudad. Estos nos dan los resultados de proximidad que tiene cada manzana de la ciudad a un parque en las 3 diferentes modalidades de definir distancia dentro del programa. (Columna 1-3 en Tabla1)

El siguiente tipo de análisis de accesibilidad que se efectúa es el del tipo “Attraction Reach” a 500m a cada parque, agregándole la superficie de cada parque como peso de atracción para encontrar cuantos metros cuadrados de área verde son accesibles a 500m de cada manzana. (Columna 4-6 en Tabla1)

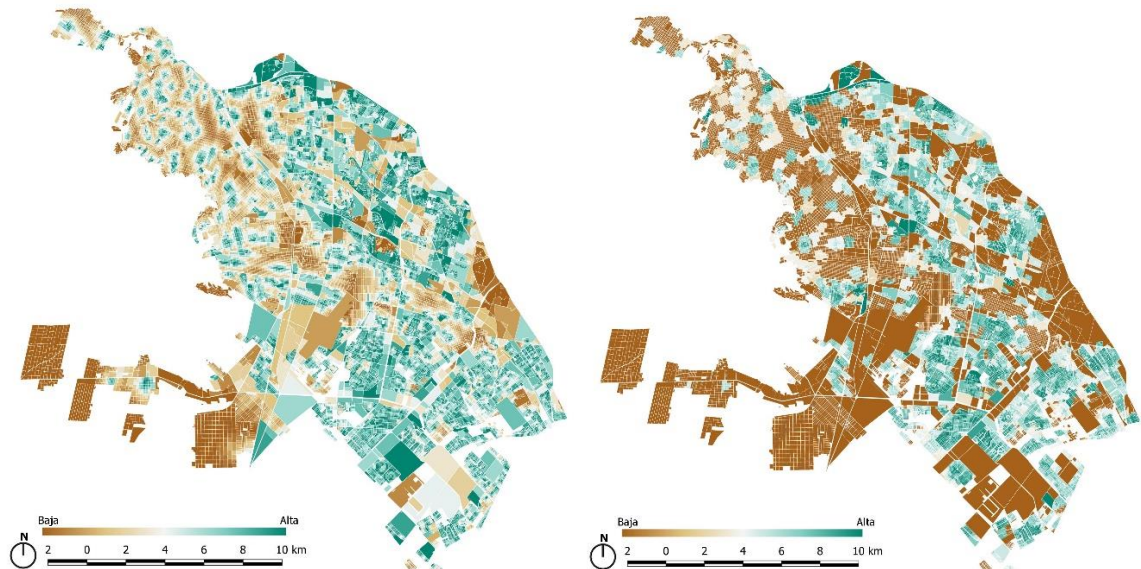


Fig. 07 Mapas clasificando proximidad en pasosos axiales en cada manzana al parque más próximo (Izquierdo) y el de parques accesibles a 500m caminando pesado utilizando los m2(Derecha) de las manzanas en la ciudad. La presencia de parques marcada en color verde. Elaboración propia a partir de base de datos de los parques del Instituto Municipal de Investigación y Planeación (IMIP) procesado con PST.

Por último, se estudió la ciudad utilizando de nuevo la modalidad de “Attraction Reach” a un rango de alcance de 1000m caminando hacia los parques, como limitante de distancia hacia el parque puesto que es lo que una persona está dispuesta a caminar hacia un área verde recreacional. En este análisis además de implementarles el peso de atracción de la superficie de cada parque, se los pesa por su distancia en pasos axiales del área verde hasta cada manzana. El resultado de los dos estudios posteriormente se divide para obtener el valor combinado dentro de cada manzana (Columna 7 en Tabla1). Después se calcula la población accesible a cada manzana por medio de la misma fórmula, así obteniendo los valores combinados que dividiéndolos dan los m2 de área verde accesible entre la población accesible en cada manzana a 1000m, (columna 8 en tabla).

Parques más próximos a vuelo de pájaro	Parque más próximo siguiendo la línea axial caminando	Distancia de parque en pasos Axiales (s)	M2 de Parque a 500m vuelo de pájaro	M2 de Parque a 500m Caminando	M2 de Parque a 3 pasos axiales(s)	Combinado 1km caminando(w)	Combinado 1km (w) / Combinado Población accesible 1km (w)
225.98m	380.71m	5.00	10899.63m2	2870.06m2	0.00m2	26.91	2.77

Tabla.1 Muestra del valor mediano de las manzanas de toda la ciudad. En las columnas 1-3 se muestra la distancia al parque más próximo en las diferentes modalidades de definir distancia de PST, en las columnas 4-6 se muestran los m2 de parques accesibles a un radio determinado. En la columna 7 muestra el valor combinado y en la 8 el valor combinado entre el combinado de la población accesible a 1km caminando.

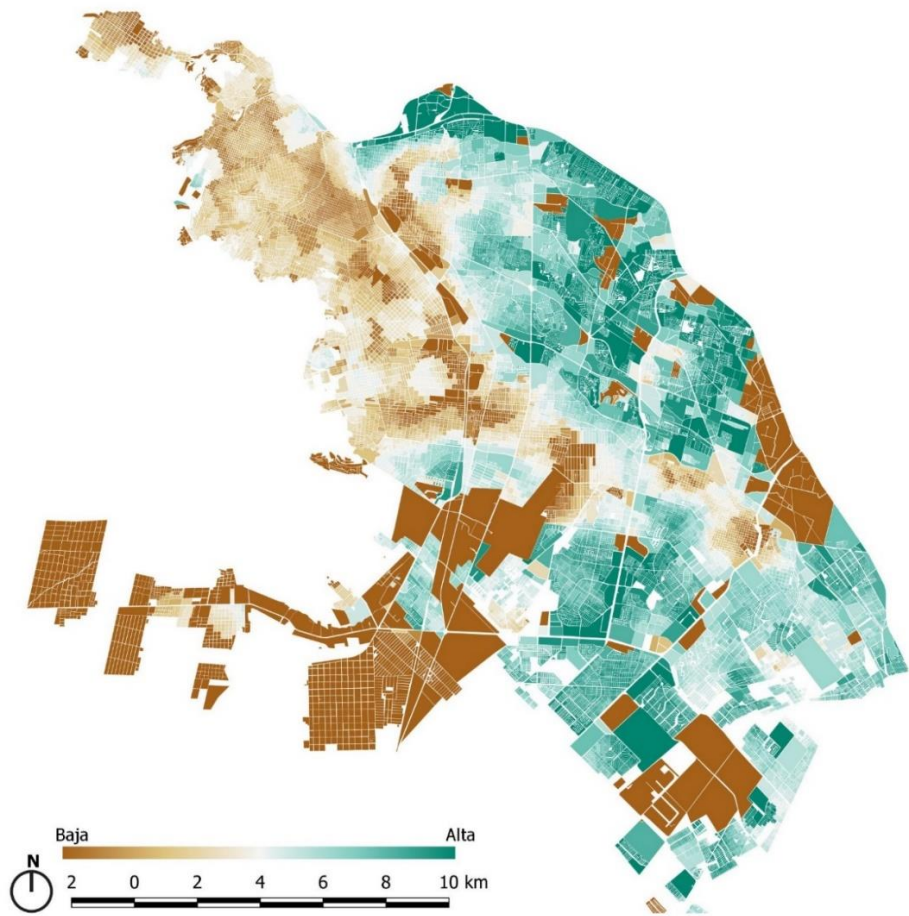


Fig. 08 Mapa del valor del método combinado (Columna 7 de Tabla1), el cual determina más correctamente el nivel en que los habitantes de cada manzana en la ciudad percibirían la presencia de áreas verdes en sus barrios. La percepción de alta presencia de parques marcada en color verde. Elaboración propia a partir de la base de datos de los parques del IMIP procesado con PST.

1.2.5. Calidad del entorno urbano para la accesibilidad peatonal

La rápida expansión de la ciudad ha causado la creación de un gran número de barrios con baja calidad en su entorno urbano. Desarrollando una metodología para describir las condiciones preexistentes de infraestructura vial de cada manzana utilizando el repertorio de datos espaciales del Inventario Nacional de Vivienda (INV), se calcula cuáles podrían ser más amigables al peatón. Para esto se toman en cuenta 5 indicadores: si sus calles cuentan con algún tipo de recubrimiento, aceras, guarniciones, vegetación y alumbrado público. Se les asigna un valor de 1 cuando la manzana cuenta con cobertura en su totalidad, de 0.5 si solo cuenta con ella parcialmente y de 0 si no se cuenta con la infraestructura o si los datos para evaluarla son inexistentes, dividiendo el resultado por el número de indicadores.

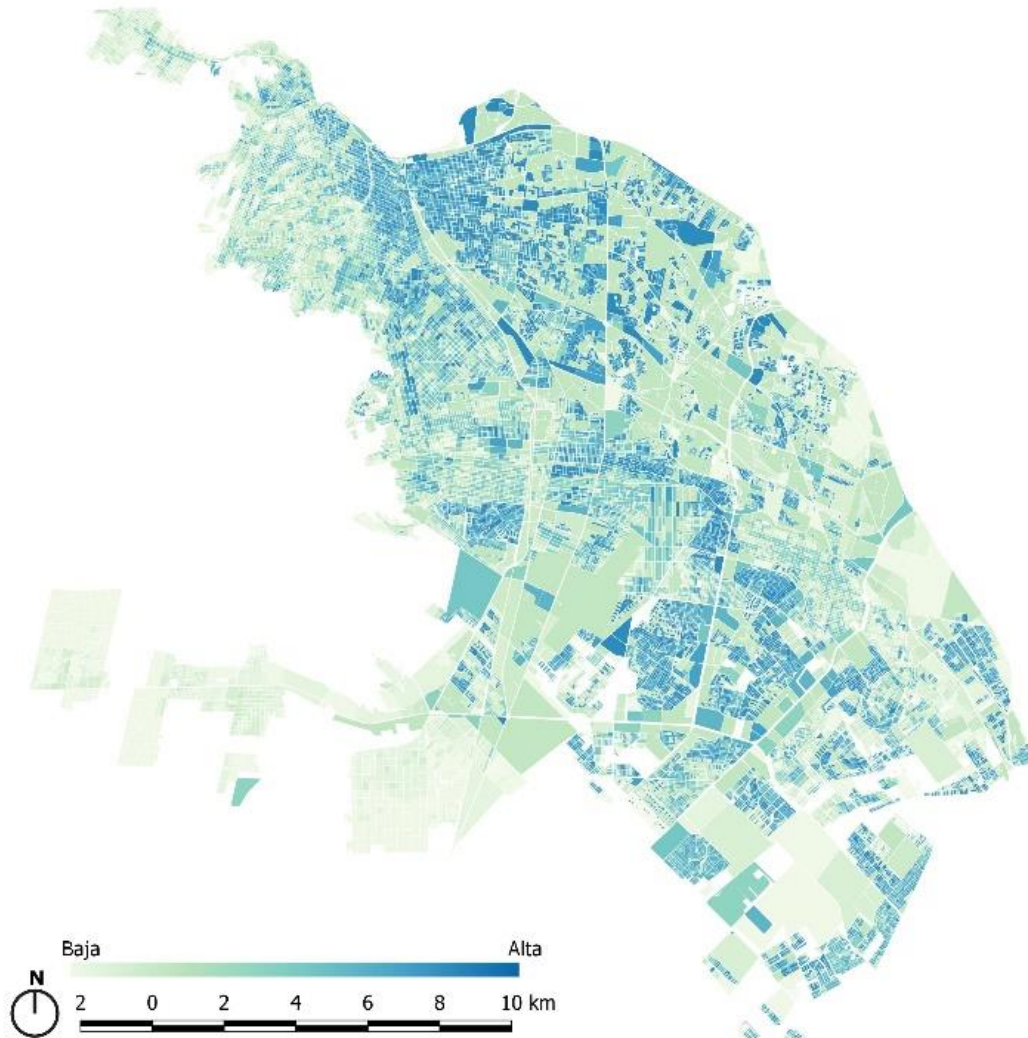


Fig. 09 Mapa de la infraestructura vial de las manzanas en la ciudad. Elaboración propia a partir de datos del INV.

1.3. Competencia espacial

La capacidad de una trama urbana para proveer a sus habitantes de lugares más urbanísticamente sostenibles a una escala peatonal está directamente ligado a los modelos urbanos previamente discutidos. Estos nos facilitan poder entender como la configuración espacial y la actividad urbana en estos lugares se relacionan entre sí, exhibiendo las oportunidades que ofrece cada trama urbana de crear un barrio mixto multifuncional,

así permitiéndonos plantear el sistema por el cual se medirá competencia espacial de cada CU y también para comparar las diferentes etapas de crecimiento urbano.

Esta clasificación se consolida midiendo cada una de las 22231 manzanas en la ciudad mediante los 6 estudios de accesibilidad realizados. Luego los resultados de cada manzana se escalan en 10 intervalos cuantiles para normalizar los valores extremos. Cada uno de los intervalos contienen un total de 2223 manzanas, las cuales se normalizan de 0 a 1 luego se multiplica el resultado por 0.1 y después se le suma el decimal dependiendo en que intervalo se encuentre cada manzana (ejemplo: el primer 10% de las manzanas con el valor más alto en toda la ciudad se les asigna el decimal de 0.9, el siguiente 10% más bajo de 0.8) así normalizando los valores de toda la ciudad de 0 a 1.

Para poder estudiar las características de cada CU, sin referenciarlo a una escala global o de ciudad entera, primero se analizan los datos obtenidos en el ejercicio anterior a un radio de 1.5 km desde su centro geográfico. Esto nos permite crear los modelos con un área de aproximadamente 706ha en donde se rodea en su totalidad el área de lo que el IMIP marca como los CU de la ciudad. Después se obtiene el total de m2 de las manzanas analizadas dentro del estudio de cada CU para determinar el porcentaje que cada manzana representa al área del estudio. Este valor luego es multiplicado por el valor normalizado de los estudios de accesibilidad anteriores, reflejando cuanto se devalúa cada manzana dependiendo en la falta a accesibilidad de los 6 estudios anteriores.

Por último, se suman los resultados de los 6 análisis para todas las manzanas dentro de cada CU (Columna 1-6 de Tabla2). Estos resultados se suman y se dividen entre el número de estudios (6) así obteniendo el valor que determinara la competencia espacial de cada CU en la ciudad.

Centro Urbano	Accesibilidad a diversidad económica	Accesibilidad a Densidad Poblacional	Accesibilidad a Integración Vial a s3	Accesibilidad a Parques	Accesibilidad a co-presencia social	Calidad del entorno urbano para accesibilidad peatonal	Competencia Espacial
Centro Histórico	0.755007835	0.644931494	0.838910216	0.4341258	0.725370368	0.818972217	0.702886321
PRONAF	0.647313898	0.273642619	0.535020548	0.63116184	0.330132081	0.739675447	0.526157739
Misiones	0.212671501	0.172678951	0.183441886	0.87304259	0.156078414	0.528988997	0.354483723
Gran Patio	0.513986273	0.457769283	0.57838277	0.50604407	0.479264438	0.604147484	0.52326572
Las Torres	0.512576875	0.443510067	0.376747469	0.89826202	0.381640266	0.712081612	0.554136386
Fundadores	0.259562087	0.298389976	0.212312188	0.46324312	0.316320518	0.430987644	0.330135922

Tabla.2 Resultados de la suma de estudios de accesibilidad de las manzanas dentro de cada CU y su nivel de competencia espacial. Elaboración propia.

Después se utilizó el mismo método de análisis para obtener el nivel de accesibilidad peatonal y de competencia espacial de las manzanas dependiendo de su década de establecimiento generando un estudio de la evolución histórica urbana de la ciudad (Tabla3).

Fecha	1669-1950	1950-1960	1960-1970	1970-1980	1980-1990	1990-2000	2000-2010	2010-2015
Económica	0.71341349	0.5311903	0.5040357	0.4054284	0.3314021	0.318923	0.2410262	0.182871
Densidad Poblacional	0.58575091	0.5081963	0.4576254	0.3780925	0.3994816	0.286396	0.2693007	0.1541063
Integración Vial a s3	0.80111865	0.6106487	0.5634626	0.4503746	0.3706371	0.343204	0.2761066	0.1799084
Parques	0.40269268	0.4617344	0.3559628	0.4721936	0.5269801	0.562918	0.6620427	0.4565064
Co-presencia social	0.68431235	0.5573224	0.4979551	0.3873163	0.3733518	0.279847	0.2494461	0.1590751
Calidad del entorno urbano	0.76445649	0.6733025	0.542965	0.6051504	0.5606227	0.518312	0.4767653	0.256878
Competencia Espacial	0.65862409	0.5570658	0.4870011	0.4497593	0.4270793	0.384933	0.3624479	0.2315575

Tabla.3 Descripción cronológica de la disminución de accesibilidad a escala peatonal en la morfología urbana de CJ. (Figura 13)
Elaboración propia a partir de Shp. de crecimiento urbano del IMIP.

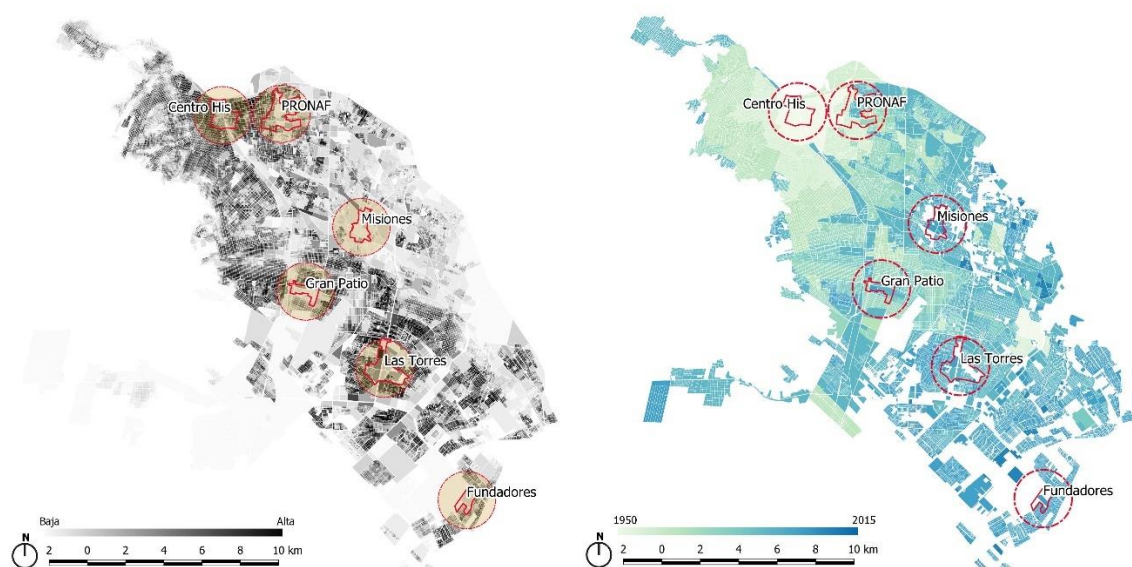


Fig. 10 Mapas competencia espacial de la ciudad mostrando los CU con la circunferencia del área de estudio realizado (Izq), también mostrando el mapa crecimiento urbano (Derecho). Elaboración propia en base a datos IMIP y INEGI.

2. Análisis Histórico Estadístico de Ciudad Juárez

Conforme se geocodifica la información analizada en el subcapítulo anterior se generan las bases de datos para ser representados en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que ofrece nuevas oportunidades en la realización de estudios de la morfología de la ciudad. En este caso se calcularon las medidas de su relación espacial y funcional a un nivel peatonal entre las diferentes etapas de crecimiento histórico de CJ así como de sus 6 principales CU.

Los resultados integrando las teorías de Space Syntax, muestran estructuras espaciales centralizadas escondidas detrás de la trama vial de la ciudad en el cual se correlaciona con su distribución del uso de suelo industrial y morfología histórica urbana. De esta manera se ofrece una nueva forma de análisis para la detención de tejidos urbanos segregados, indicando la relación entre forma y función de estas áreas de acuerdo con los cambios urbanísticos en la ciudad relacionándolas con características de la sociedad que las produce, (Tabla 4).

Para identificar claramente las diferencias entre las etapas en la historia de la urbanización de la ciudad, se utiliza la comparación cuantitativa entre la configuración espacial de las tres etapas de transformación morfológica de la ciudad. Primero se cotejaron utilizando cuatro diferentes formas de la estructura de la ciudad: el promedio de integración vial, el tamaño promedio de sus manzanas, la longitud total de las calles y el tamaño total de la mancha urbana conforme a la época para hacer comparaciones de su crecimiento urbano.

Fecha	1669-1950	1950-1960	1960-1970	1970-1980	1980-1990	1990-2000	2000-2010	2010-2015
Integración								
Vial Promedio	13872.79	13196.26	12005.76	12575.34	12183.48	11586.02	9727.55	9772.68
Vialidades km	247.68	513.74	687.83	585.29	462.83	1352.05	1304.91	61.19
Crecimiento								
Urbano Ha	911.66	2198.63	3027.92	2801.64	2045.24	8206.32	5743.80	868.08
Promedio								
Cuadra m2	4167.36	5614.49	6461.01	9818.27	8308.63	12933.77	7717.01	22510.61

Tabla.4 Descripción cronológica del proceso de urbanización en CJ (Figura 12). Elaboración propia a partir de Shp. de crecimiento urbano del IMIP.

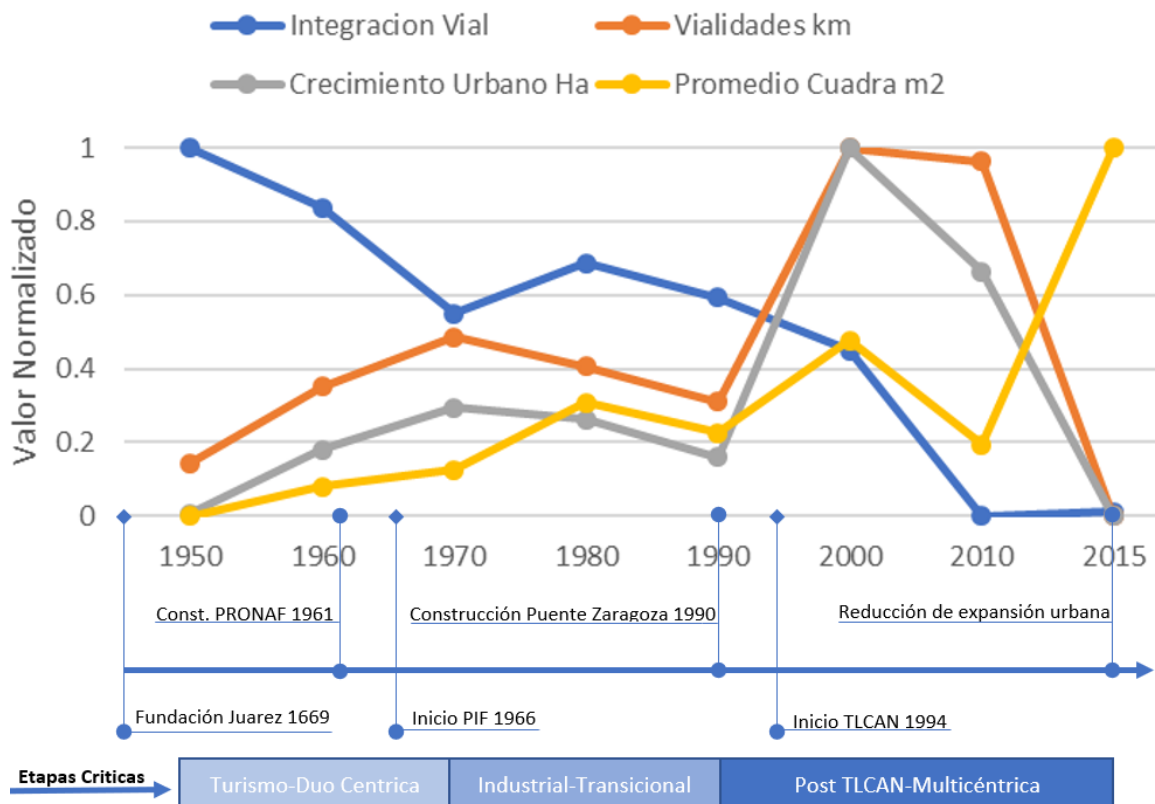


Fig. 11 Identificación de etapas críticas en la urbanización conforme datos estadísticos de su transformación morfológica.

Con estas comparaciones se demostró con datos cuantitativos, el hecho de como conforme entra el nuevo modelo urbano industrial, CJ se vuelve cada vez menos amigables para el peatón. Esto crea que, analizándola desde un punto de vista de su morfología urbana, tenga tres etapas críticas de cambios urbanísticos.

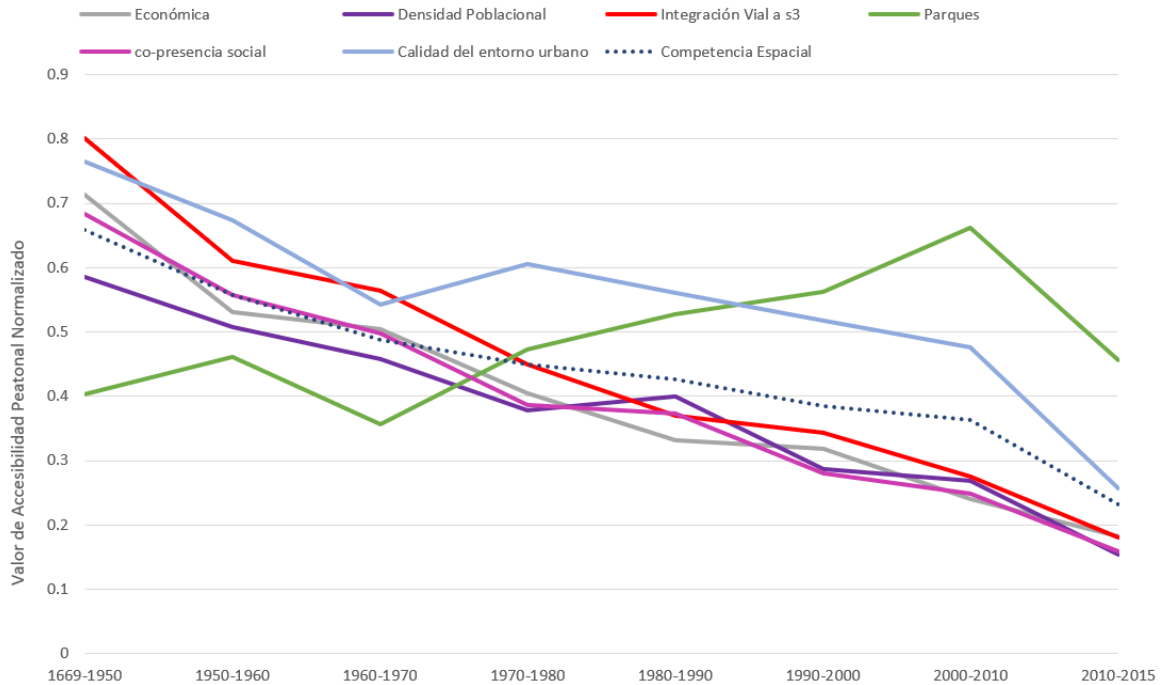


Fig. 12 Grafica muestra la disminución de la accesibilidad peatonal con el tiempo en la ciudad, incrementando solo en la accesibilidad a parques.

La primera etapa se da hasta 1970, en que la ciudad se dedicaba casi exclusivamente al turismo donde actualmente se encuentran la mayoría de los espacios de consumo transnacional y turismo del lado mexicano. Tiene un trazado reticular con calles angostas y de poca longitud cuyo objetivo principal era crear un vínculo hacia el Centro Histórico y el área PRONAF para llegar a los puentes internacionales. Sus vialidades actualmente tienen un alto nivel de integración al resto de la ciudad lo cual se refleja en altos valores en todos los estudios de accesibilidad a escala peatonal de la zona con excepción a el de accesibilidad a parques, (Fig.10).

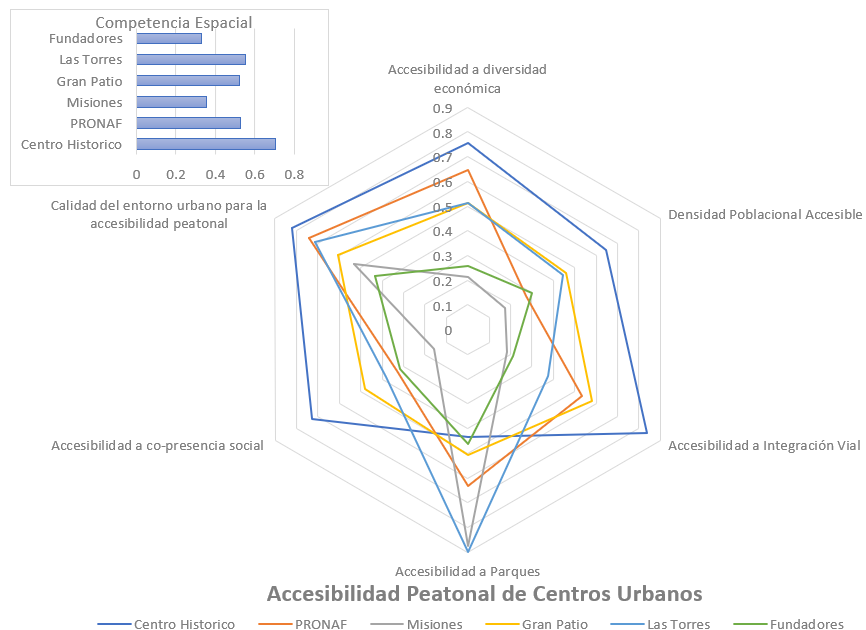


Fig. 13 Grafica mostrando los resultados de estudios de Accesibilidad de los CU. También se observa en la parte superior izquierda una segunda grafica donde se compara el nivel de competencia espacial de cada CU.

Esto se debe a que después de su modelo de crecimiento inicial, de misión y presidio del centro histórico, el cual le daba una patrón desintegrado irregular y disperso; se plasma una reorganización del territorio donde se reprodujo una planta en damero típica utilizada en las Leyes de Indias empezada la parte posterior la Catedral de Juárez expandiéndose hasta rodear toda la zona. Este conjunto de elementos y la conexión binacional con ciudad hermana de El Paso Texas logra detonar las actividades económicas de la zona a pesar del reciente abandono por cuestiones de inseguridad, (Figura 14).

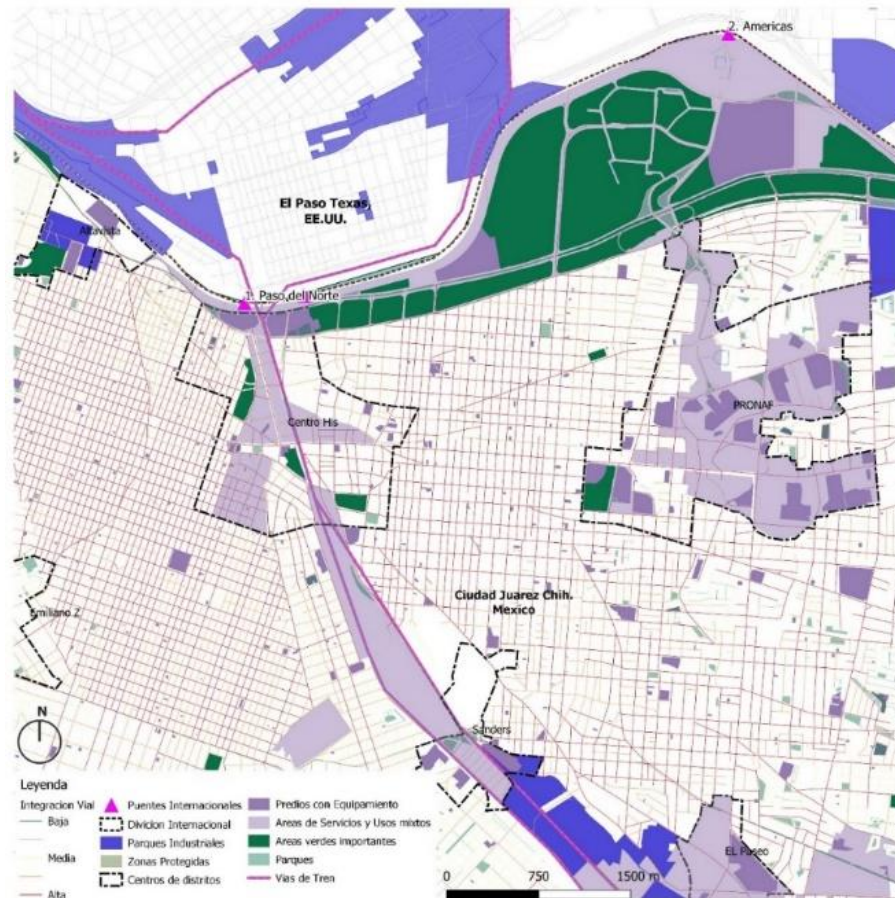


Fig.14 Trama urbana cuadriculada con un alto nivel de integración a nivel global rodeando los primeros dos CU de la ciudad el Centro histórico y PRONAF. Estos tienen un elevado número de áreas de usos mixtos debido a su importancia histórica y cercanía con la ciudad vecina de El Paso Texas en los Estados Unidos.

La segunda etapa se da entre los años 1970 a 1990 hasta cuando se consolidan las zonas de factoría global o áreas industriales impulsadas por el PIF, generando presión en CJ para albergar miles de trabajadores atraídos por la industria maquiladora. Esto generó los primeros espacios de conflicto en la trama urbana que eran causados por la expulsión hacia la periferia de la ciudad de la vivienda de bajos recursos de origen informal (asentamientos irregulares).

Durante esta época de crecimiento se observan una mezcla de dos diferentes patrones de morfología urbana: Por un lado, se observa un desarrollo con alto nivel de desvinculación vial hacia el área del Cerro Bola en donde se establecieron un gran número de asentamientos irregulares construidos a finales de los 60's en zonas de alto riesgo debido a su topografía accidentada.

El segundo patrón se observa en lo que eran las periferias de la ciudad donde se encuentran lo que se describe como "etapas de transición" formadas en su mayoría al principio por asentamientos irregulares en lo que era

la antigua periferia de la ciudad o alrededor de las vías del tren, cerca de las recientemente establecidas áreas industriales, (Figura 15).

Los asentamientos irregulares por lo general ocurren de una manera difusa y desorganizada, pero debido a que, en CJ, estos siguen patrones espaciales bien delimitados trazados por los mismos colonos, los vuelve difíciles de identificar por Space Syntax ya que el programa en esta etapa de análisis tiene limitantes cualitativas por la baja descripción social que estudia. Esto ocasiona que algunos de estos barrios, incluyendo la zona donde se encuentra el CU Gran Patio, son clasificados con alto nivel de integración global debido a su configuración espacial. Después de comparar su nivel en los estudios de accesibilidad, se deduce que carecen de infraestructura, accesibilidad económica, así como otro CU en su contigüidad y se descartan en ser los más factibles para el proyecto de investigación presente.



Fig.15 Aglomeración de vialidades con un alto nivel de integración vial construidas en un principio por asentamientos irregulares (elipse negro) entre la década de los 1970-1980, siguiendo la expansión de la trama urbana guiada por la industria maquiladora.

La tercera transición ocurre cerca de los 1990-2015 después del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) donde se empieza con un modelo especulativo de expansión urbana generando dos nuevos tipos de crecimiento urbano. Por un lado, en la zona nororiente de la ciudad, que se caracteriza por tener un alto nivel de valor del suelo, incito a que se construyeran una gran cantidad de conjuntos residenciales cerrados de nivel socio económico medio-alto, estos siendo impulsados por las ventajas de la aglomeración del capital económico en la zona, les da un trazado muy particular, (Figura 16).

El aislamiento de estos fraccionamientos del resto de la urbe es impulsado gracias a la búsqueda de privacidad, exclusividad y seguridad de sus residentes generando un fenómeno de auto segregación. Se construyen soluciones arquitectónicas como altos muros perimetrales, dando acceso controlado a los residentes, por medio de casetas de vigilancia con seguridad privada.

Estos espacios tienen una disposición morfológica residencial mono funcional con calles sin salida y accesos restringidos, causando un bajo nivel de integración al resto de la trama urbana. Cuentan con una forma ramificada de manzanas más grandes, que disminuyen la densidad de calles en la trama urbana, dificultando el acceso del transporte público, haciendo necesarios traslados por automóvil privado. Esto ocasiona que las principales actividades económicas se transfieran hacia las avenidas primarias, convirtiéndola en una zona poco funcional a nivel peatonal, (Fig.16).

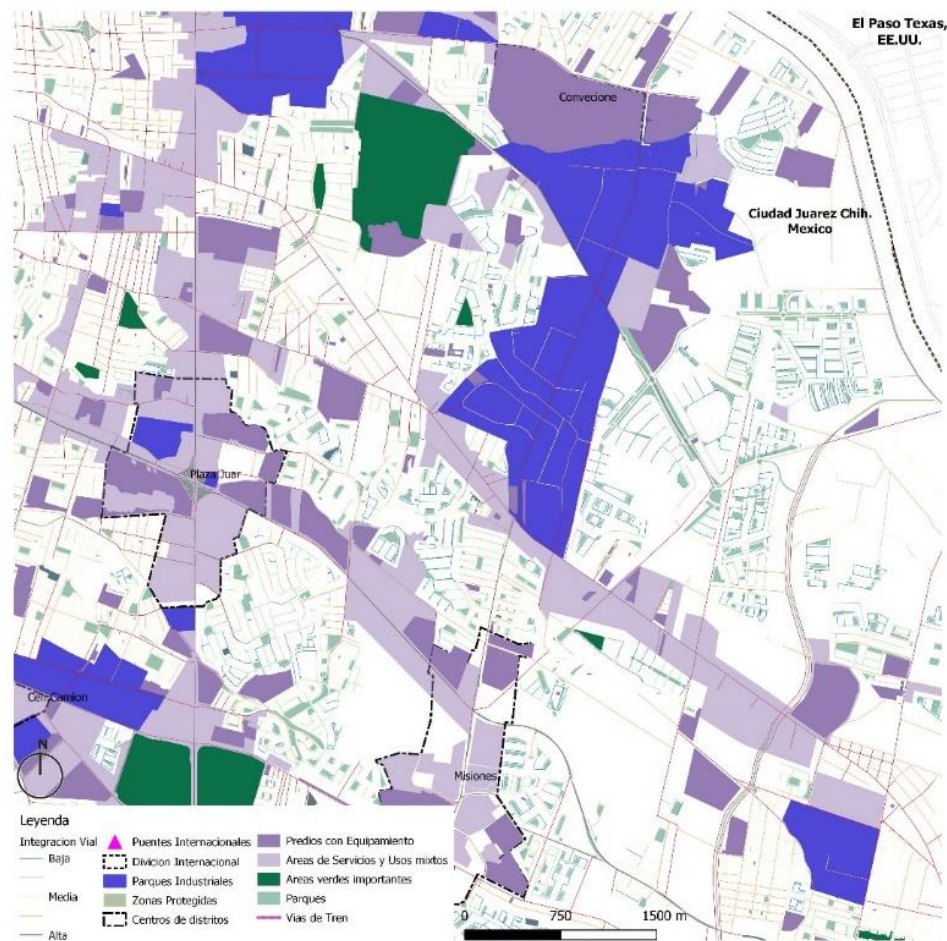


Fig.16 Muestra parte de la zona nororiente de la ciudad donde se realizó el estudio del CU Misiones el cual obtiene los valores más bajos en todos estudios de accesibilidad excepto a los relacionados con su aspecto urbano y accesibilidad a parques.

En la zona suroriente se presenta la realidad antagónica de la zona nororiente, con la presencia de barrios que se podrían describir como guetos auto segregados del resto de la ciudad, basados principalmente de fraccionamientos de bajos recursos de origen formal donde la vivienda unifamiliar fabricada en masa se presenta como única alternativa de adquisición de una casa para la clase obrera.

Estos fraccionamientos, cuya construcción fue impulsada por la apertura de "El Puente Internacional Zaragoza", gracias a la competencia de la industria maquiladora en tener el mejor acceso al vínculo binacional, crea la última tendencia morfológica en CJ. En esta zona es hacia donde se muestra la mayoría del crecimiento

de la trama urbana en los últimos años, donde se ignoran o modifican los planes de desarrollo urbano de la ciudad causando la creación de los últimos dos CU analizados (Las Torres y Fundidores).

Los nuevos fraccionamientos intentan mimetizar el trazado urbano de los fraccionamientos privados ubicados al nororiente de la ciudad, a diferencia que en esta área el valor del suelo es mucho más bajo ocasionando que se creen zonas residenciales con un carácter altamente fragmentario. Estos en ocasiones concentran entre 3.000 y 15.000 viviendas unifamiliares construidas en serie formando “pequeñas ciudades” con falta de equipamiento e infraestructura desarticuladas urbanísticamente del resto de la ciudad. Cuentan con pocas entradas y salidas hacia las avenidas principales o secundarias dificultando su integración al resto de la trama urbana lo que disminuye la actividad económica en la zona, ya que sus vialidades primarias son principalmente rodeadas de áreas industriales,(Fig 17).



Fig.17 Debido a que los fraccionamientos de la zona suroriente de la ciudad son la mayoría de un origen formal, donde el ayuntamiento refuerza la construcción de las debidas áreas verdes y infraestructura en sus vialidades, los análisis del CU de la zona elevan su nivel de competencia espacial (Izq.). Pero después de analizarlos más a fondo se hace notable como el bajo presupuesto del ayuntamiento para el mantenimiento de estas verdes e infraestructura causa que se encuentran en condiciones deficientes y terminan por convertirse en lugares problemáticos (Der).

3. Conclusiones

Ciudad Juárez se encuentra actualmente desestructurada, con graves problemas de infraestructura, conectividad y habitabilidad. Hace falta reconocer que replantear el modelo de la forma urbana actual es necesario para una ciudad más sostenible. Por medio de buscar la implementación de estrategias urbanas que fortalezcan las redes que vinculen primero los dos CU de la ciudad, se busca impulsar el desarrollo orientado hacia una comunidad que retome formas de movilidad más sostenibles alternas al automóvil.

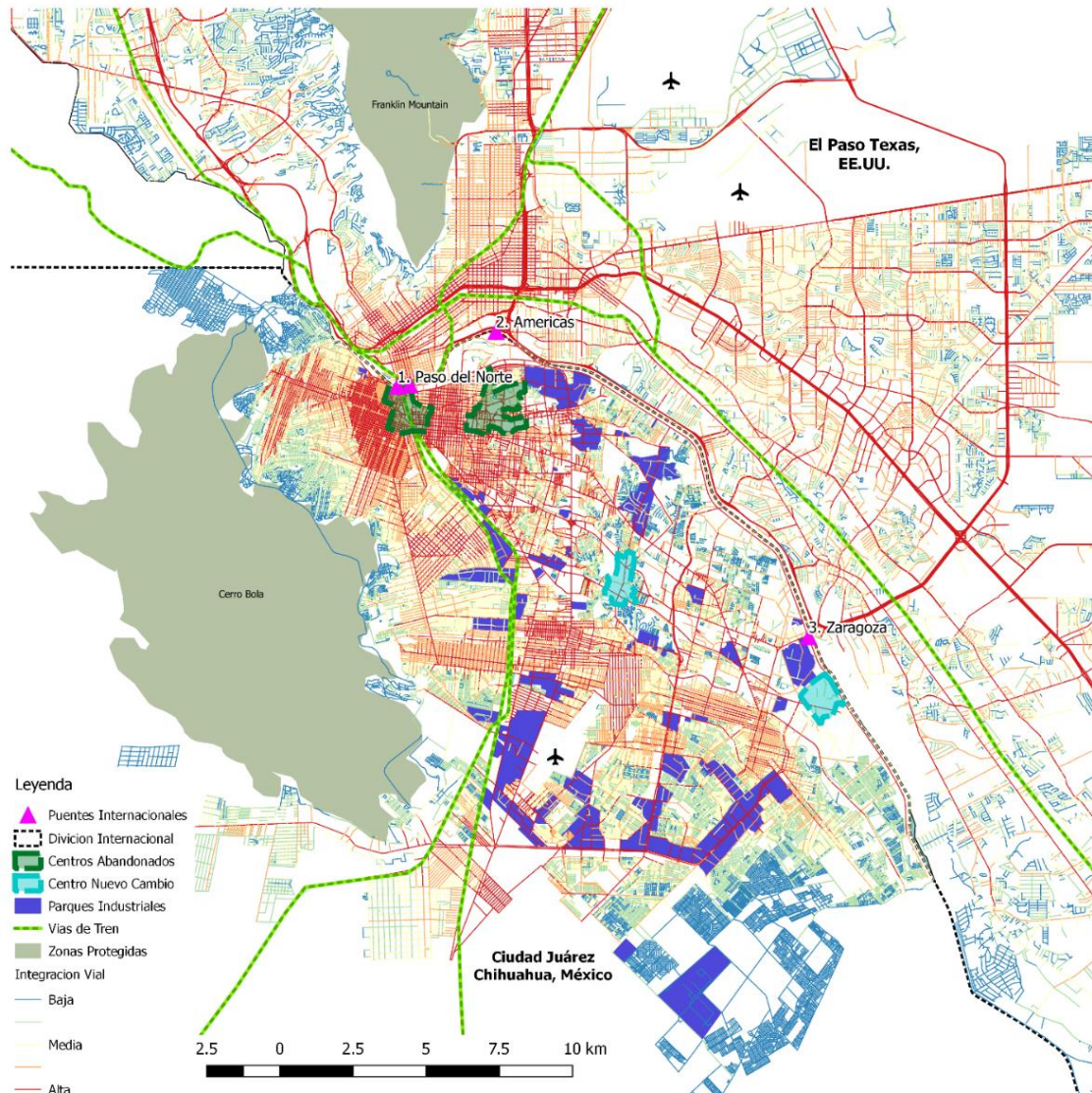


Fig.18 Trama urbana de CJ, El Paso, Tx. Elaboración propia a partir de datos de ejes viales de tramas urbanas procesadas por separado.

En la figura 18 se puede relacionar como a la región binacional de CJ, y El Paso, Tx., en donde el análisis da como resultado que ambas ciudades tienen un nivel de integración más alto hacia sus centros históricos debido a su estrecha relación binacional desde la época colonial causando que se encuentran ahí 2 de los 3 puentes libres internacionales ubicados en la trama urbana. Las vías del tren que alguna vez ayudó a impulsar el crecimiento y comercio internacional de la ciudad ahora restringen la conexión hacia su lado poniente causando serios problemas de segregación en las colonias aledañas. Ciudad Juárez, cuenta con un patrón de integración vial marcada por una estructura policéntrica con núcleos que son tomados por periodos como CU directamente relacionados con la distribución de la industria maquiladora las cuales comienzan ubicándose en los terrenos cercanos a las vías del tren, pero después de la construcción del ultimo puente internacional se crea un aro envoltorio de avenidas principales por la periferia de la ciudad que conectan la industria maquiladora a los puentes internacionales. Esto causo un alto nivel de solares vacíos en el interior de trama urbana y un nivel de integración global mucho más bajo del lado oriente de la ciudad. Por lo que el presente plan juarense de seguir expandiendo la ciudad hacia el lado oriente hacia el lado del Puente internacional

Zaragoza es poco viable y se debe retomar acciones de una rehabilitación exitosa del Centro Histórico y área PRONAF gracias a su existente predisposición espacial para formar áreas más urbanísticamente sostenibles. Dándole así la capacidad de revincular estas dos zonas segregadas, que cuentan con un elevado valor en su Capacidad Espacial en comparación con el resto de los CU, regenerando una dinámica urbana más amigable a escala peatonal.

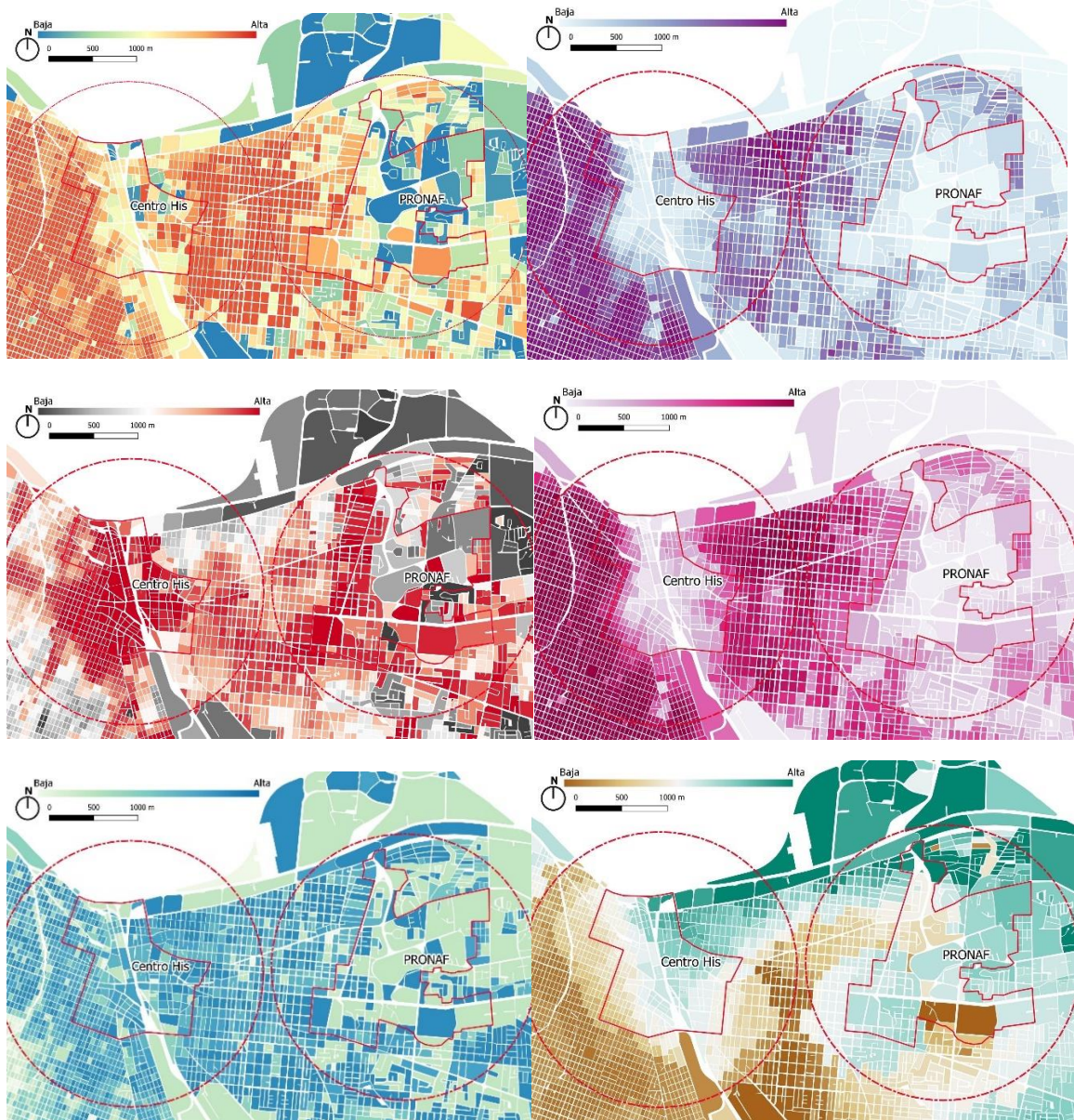


Fig.19 Mapas mostrando los 6 estudios de accesibilidad peatonal de manzanas alrededor del Centro Histórico y el PRONAF. Estos exhiben la necesidad de aprovechar la capacidad espacial que tienen estos CU por medio de incrementar la accesibilidad a parques.

Por medio de regenerar una dinámica urbana a escala peatonal en la zona, se logra combatir las causas más importantes del proceso de decadencia poblacional del Centro Histórico y PRONAF. Estas fueron en gran parte a que a través del tiempo los residentes con un nivel económico más alto han abandonado la zona debido a la aglomeración (causada por al congestionamiento de vehículos, la falta de espacios para estacionamiento, el deficiente transporte público, etc.), la escasa comunicación vial entre los centros de distrito, la expansión de la trama urbana y alto nivel de inseguridad en la zona, entre otros factores.

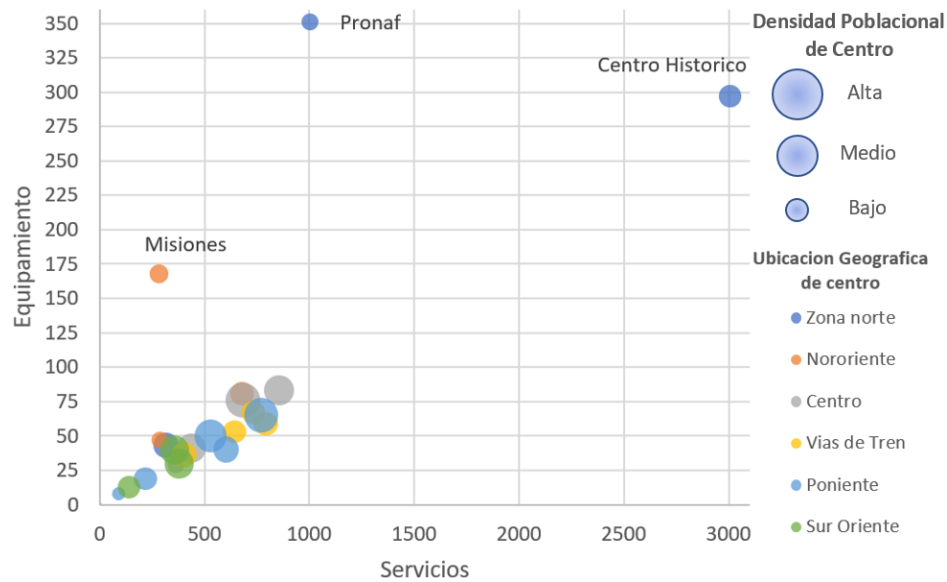


Fig.20 Análisis de la disponibilidad de Servicios y equipamiento en relación con la densidad de población de los CU y centros de distrito en CJ. Elaboración propia a partir de datos INEGI.

En la Figura 20 se muestra como después de la elaboración de un análisis urbano con un área de influencia de solo 1km desde el centro geográfico de los CU y centros de distrito de la ciudad se exhiben que los dos CU por rehabilitar siguen teniendo un nivel de jerarquía alto ante toda la ciudad, pero sus áreas de mercado son diferentes. Ello se debe a las diferencias en la densidad poblacional, las ramas económicas que concentran, y la capacidad de compra de sus principales consumidores, entre otros factores.

Aprovechando la capacidad espacial de estos centros, se podría crear a su alrededor un área donde se vincule una zona en que más de la mitad de los establecimientos económicos son servicios de comercio al por menor (1630 establecimientos) o restaurantes y hoteles (478 establecimientos), pero con serios problemas de marginación urbana como lo es el Centro Histórico; con el área PRONAF la cual cuenta con un nivel socio-económico más alto y una interesante concentración de equipamiento dedicado al sector de la salud (293 equipamientos) debido al turismo médico que se da en la zona, así convirtiendo a ambas en zonas más atractivas donde residir.

A pesar de que en estos barrios las calles funcionaban como espacios públicos de interacción social, con este nuevo modelo de ciudad sus alrededores se simplifican a tal punto que se convierten solo en vías sin diversificación de usos, cuya única función es conectar a los dos CU. Estas áreas de conexión terminan en muchos casos, convirtiéndose en barrios donde el espacio público ya no es un lugar de interacción social en el que marcados por la falta de calidad urbana terminan siendo percibidos como inseguros, con falta de mantenimiento e subutilizado y finalmente olvidados. De esta manera la escasez de servicios en una proximidad funcional, la falta de usos mixtos y de transporte público sigue aumentando el empobrecimiento de la experiencia urbana de sus habitantes.

El ejercicio de la identificación de los principales desafíos de los CU a rehabilitar y las posibles vías para poder atenderlos es esencial para un desarrollo urbano sustentable de los mismos. Los resultados muestran como se puede lograr dar el primer paso por medio de la implementación de parques estratégicamente colocados de acuerdo con los estudios previamente realizados.

Esto lograra contrarrestar el actual problema de solares vacíos en la zona. Estos espacios, los que desencadenan un proceso de deterioro e inseguridad en el barrio causando que las propiedades colindantes a estos terminan bajando su deseabilidad y valor, se pueden transformar en parques que generen el efecto

opuesto. Así abriendo el camino a futuros planes y programas hacia una ciudad más peatonal, donde se utilicen métodos de transporte alternativos al automóvil, permitiendo el diseño de una trama urbana a una escala más humana, facilitando la conectividad urbana al poder planificar un modelo de barrio con más usos del suelo mixtos.

Para este último análisis se generó el modelo de capacidad espacial modificado de la nueva zona de estudio, generada después de conectar los dos CU y luego haciéndoles un buffer de 500m. Este nuevo valor de capacidad espacial utilizó el mismo método de cálculo que el pasado, a excepción que se calculó utilizando 5 de los modelos de accesibilidad. Luego a los valores obtenidos dentro del modelo de accesibilidad a parques se le resta a el resultado del análisis de capacidad espacial modificado normalizando los valores de 0 a 1 para obtener las manzanas que cuenten con altos niveles en todos los estudios de accesibilidad y que serán mas beneficiadas en la implementación de nuevas áreas verdes.

Después se utilizó un método de análisis "Attraction Reach" a 3 pasos axiales en los solares en desuso dentro de esta zona, hacia cada manzana pesándolas por medio del valor de capacidad espacial modificado. Luego realizando el mismo proceso con las vialidades dentro del estudio las que se pesaron por medio del valor obtenido mediante un análisis del tipo "Choice" a 2500m. Debido a que este proceso también resulta influenciado por el nivel de accesibilidad de cada solar en desuso analizado, se normalizo por medio de dividir el resultado del análisis entre el número de todas las manzanas o segmentos de vialidad apprehendidos por el mismo.

Los resultados de estos dos últimos análisis después son multiplicados entre ellos y por los metros cuadrados de cada solar en desuso analizado para determinar su nivel de prioridad de ser utilizado. Así localizando los solares más amplios en desuso que cuentan a su alrededor con manzanas que tienen más necesidad de un área verde como con un alto nivel de circulación peatonal.

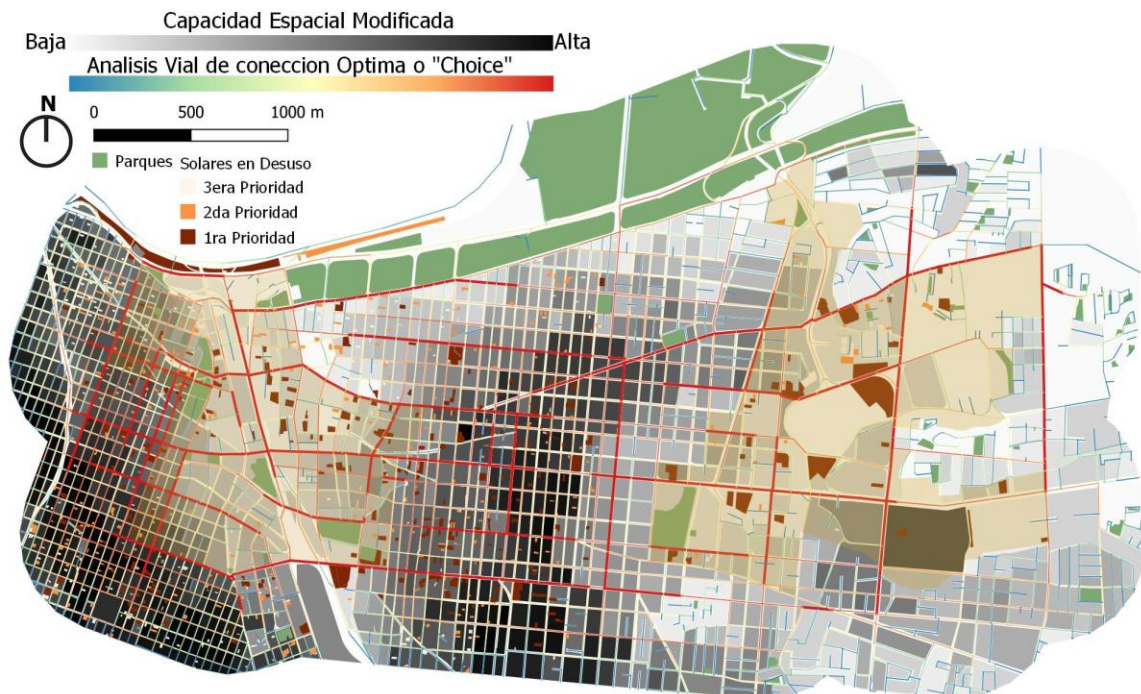


Fig.21 Mapa de Capacidad espacial modificada mostrando en que manzanas sería más efectiva la implementación de nuevas áreas verdes para ligar los dos CU, resaltando en rojo el 10% de las vialidades con más probabilidad de ser usadas por peatones o ciclistas dentro de la zona y solares en desuso clasificados de acuerdo su nivel priorización.

4. Bibliografía

Frey, H. (1999): *Designing the City: Towards a More Sustainable Urban Form*. E&FN Spon, UK, 143 pp.

Hillier B, 1996 *Space is the Machine: A Configurational Theory of Architecture*, Cambridge, Cambridge University Press

Marcus, L., & Legeby, A. (2012). The need for co-presence in urban complexity : Measuring social capital using space syntax. Congreso: Eighth International Space Syntax Symposium.

Ståhle, A., Marcus, L., Karlström, A. (2005). Place Syntax : Geographic accessibility with axial lines in GIS., Fifth international space syntax symposium (pp. 131–144).

Ståhle, Alexander. (2010). More green space in a denser city: Critical relations between user experience and urban form. *Urban Design International*.